

Aus der Augenklinik und Poliklinik im Klinikum Steglitz
der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. H. Hager

Untersuchung des Leuchtdichtegrenz- wertes für das Auftreten der Nachtmyopie bei Nachtkurzsichtigen

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Michaela Rosenberg, geb. Bergmann
aus Frankfurt/Main

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Augenklinik und Poliklinik im Klinikum Steglitz
der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. H. Hager

Untersuchung des Leuchtdichtegrenz- wertes für das Auftreten der Nachtmyopie bei Nachtkurzsichtigen

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Michaela Rosenberg, geb. Bergmann
aus Frankfurt/Main

Referent: Professor Dr. med. H.F. Tiburtius

Korreferent: Professor Dr.-Ing. J. Krochmann



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 29.1.1976

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. EINLEITUNG	1
B. FRAGESTELLUNG	
1. Verbreitung der Nachtmyopie	7
2. Untersuchung der Grenzleuchtdichten	7
3. Nachtmyopie im Straßenverkehr	8
C. METHODE	
1. Prüfung auf Nachtmyopie am Mesoptometer	9
2. Ermittlung der Grenzleuchtdichten und der Abhängigkeit der Nachtmyopie von der Leuchtdichte	
a. Physikalische und augenphysiolo- gische Gegebenheiten	12
b. Versuchsanordnung	13
c. Leuchtdichtemessungen	14
d. Untersuchungsgang	16
D. ERGEBNISSE	17
1. Häufigkeit und Altersverteilung der Nachtmyopie	19
2. Vorkommen der Nachtmyopie in Dioptrien	20
3. Verteilung der Probanden auf Gruppen Emmetroper, Myoper und Hypermetroper	21
4. Grenzleuchtdichten	22
5. Abhängigkeit der Nachtmyopie von der Leuchtdichte	30
E. DISKUSSION	31
F. ZUSAMMENFASSUNG	40
ANHANG: EINZELWERTE	41
LITERATURVERZEICHNIS	47

A. E I N L E I T U N G

Unter Nachtmyopie versteht man eine Kurzsichtigkeit von $-0,5$ bis $-2,0$ Dioptrien, die nur in niederen Leuchtdichtebereichen auftritt. Sie kommt vor bei Rechtsichtigen, ebenso als zusätzliche Kurzsichtigkeit bei Myopen wie auch bei Hyperopen im Sinne einer Reduktion ihrer Weitsichtigkeit.

Die Nachtmyopie hat besonders während des zweiten Weltkrieges beim Gebrauch von Nachtferngläsern Interesse gefunden. Das Phänomen ist schon Ende des vorigen Jahrhunderts von dem englischen Physiker Lord Rayleigh entdeckt worden. Auch von Seeleuten ist bekannt, daß sie bei nächtlichem Gebrauch ihrer Ferngläser diese um zwei Dioptrien negativer einstellen als am Tage. Unser heutiges praktisches Interesse entstammt vor allem dem nächtlichen Straßenverkehr, der ja im Gegensatz etwa zur Seefahrt, allerbreiteste Bevölkerungsteile betrifft.

Nach Untersuchungen von PALACIOS (14) besteht in niederen Leuchtdichtebereichen eine Einschränkung der Akkommodationsbreite, so daß man ebenso von einer Nachtpresbyopie sprechen muß. Es ist demnach nicht nur die optimale Einstellung auf den Fernpunkt im Sinne der Myopie verschoben, sondern auch der Nahpunkt ist in die Ferne gewandert. Da bei der nächtlichen Orientierung im Freien, das heißt zum Beispiel beim Autofahren, nicht der Nahbereich, sondern der Bereich um den Fernpunkt von überwiegender

Bedeutung ist, ist die Nachtmyopie der praktisch relevante Teil dieses Phänomens und soll daher ausschließlich im Mittelpunkt unserer Betrachtungen stehen.

Als Ursachen für die Nachtmyopie werden verschiedene physikalische, physiologische sowie psychische Faktoren angeführt, deren Zusammenwirken möglicherweise die Änderung der Brechkraft bedingt.

Die spanischen Forscher OTERO und DURAN (13) haben besonders die bei weit geöffneter Pupille im Dunkeln auftretende sphärische Abberation untersucht und nachgewiesen und sie für die Nachtmyopie verantwortlich gemacht. Es war ihnen aber bekannt, daß sie als alleinige Ursache für Nachtmyopie nicht ausreicht, da sie aus physikalischen Gründen nur Refraktionsänderungen im Sinne der Myopie von 0,5 dptr. verursachen kann. Sie fanden auch, daß in mit Atropin erweiterten Pupillen nur eine Kurzsichtigkeit von geringerem Ausmaß auftrat.

Auch die Amerikaner KOOMEN, SCOLNIK und TOUSEY (6) maßen auf Grund ihrer Untersuchungen, bei denen sie die Akkommodation entweder mit Homatropin lähmten oder durch optische Einrichtungen ausschlossen, der sphärischen Abberation eine hervorragende Bedeutung für die Nachtmyopie zu. Außer der bereits angeführten Tatsache, daß sphärische Abberation zur Begründung von Myopien von über -0,5 dptr. nicht ausreicht, schließt auch die Verstärkung der Nachtmyopie bei Blendung - etwa durch entgegenkommende Fahrzeuge - wobei die Lichtreaktion der Pupille diesen Fehler ja

ausgleicht - die sphärische Abberation als alleinige Ursache aus.

KÜHL (8) führt die Nachtmyopie im wesentlichen auf die sog. Linsenruhelage zurück. Er sieht in der Akkommodationsruhelage, die die Linse bei Dunkelheit einnimmt, und in der sie auf etwa -2,0 dptr. eingestellt ist, die Hauptursache für die Nachtmyopie. In diesem Sinne ist auch die Auffassung der Nachtkurzsichtigkeit als eine Variante der Myopie des leeren Raumes (empty space myopia), wie sie von WEALE (18), WHITESIDE und CAMPBELL (19), als Weltraummyopie, und anderen vertreten wird, zu verstehen. In der Konturenlosigkeit des leeren Raumes, z. B. dem Luftraum der Flieger, wie auch bei Dunkelheit, nimmt die Linse ihre eigentliche Ruhelage ein. Diese ist bei einer mittleren Tonuslage des Ziliarmuskels mit einer gewissen Entspannung der Zonulafasern und einem durch die Elastizität der Linse bedingten entsprechend kleineren Krümmungsradius verbunden, was die Erhöhung der Refraktion verursacht. Auch OTERO (12) hat durch Photographieren des Purkinjé-Sanson'schen Spiegelbildchens an der Vorderfläche der Linse bei Dunkeladaptierten festgestellt, daß das Auge dabei um ca. 1,2 dptr. myop ist. Daß sich die Linse gerade beim Dämmerungs- oder Nachtsehen, wo man meist mit besonderer Anstrengung und Aufmerksamkeit Gegenstände zu identifizieren sucht, in Akkommodationsruhelage befinden soll, betrachten wir allerdings mit einer gewissen Skepsis.

So sucht auch SCHOBER (16) eher in aktiven Akkommodationsvorgängen nach weiteren Erklärungsmöglichkeiten. Er meint, daß mit dem Gedanken, scharf sehen zu wollen, wahrscheinlich auf psychologischer Basis ein Akkommodationsimpuls zustandekommt. Dadurch werde das Auge besonders bei niederen Leuchtdichten, wo Fixationspunkte für die Scharfeinstellung mehr oder weniger fehlen, leicht Anlaß zur Akkommodation im Sinne "angestregten" Sehens finden.

Wir sehen noch eine zusätzliche Ursache für diesen sozusagen überschießenden Akkommodationsimpuls gegeben, und zwar in der retinalen Physiologie des Dämmerungs- bzw. Nachtsehens. Es handelt sich dabei um drei Faktoren, die die Linse veranlassen könnten, eine kompensatorische Einstellung im Sinne der Myopie vorzunehmen. 1. Die andere Verteilung der Stäbchen (Nachtsehen) und der dazugehörigen Schaltzellen über die Netzhaut gegenüber den Zapfen (Tagsehen). Sie ist auch Ursache für die Abnahme der Sehschärfe gegen geringe Leuchtdichten, bis sie schließlich im skotopischen Bereich nur noch etwa $1/10$ des Wertes für das Tagessehen beträgt. 2. Da das Stäbchensehen mittels parafovealer Netzhautbezirke zustandekommt, verschiebt sich die Bildebene um etwas mehr als der $\cos$ des Winkels, den der abbildende Strahl mit dem Zentralstrahl bildet, da die Fovea centralis, wie ihr Name sagt, wenig tiefer als das übrige Netzhautniveau liegt. 3. Die Verschiebung der Hell-empfindlichkeitsmaxima beim Übergang von Hell- zu Dunkelanpassung zu kürzeren Wellenlängen

ist auch Ursache des Purkinjé'schen Phänomens. Dies ist der Wechsel des subjektiven Helligkeitsempfindens gegenüber Strahlung verschiedener Wellenlänge bei unterschiedlichen Leuchtdichten. Wir meinen nun, daß diese drei Gegebenheiten für das Dämmerungs- und Nachtsehen den Akkommodationsimpuls so stimulieren können, daß Kurzsichtigkeit entsteht.

Die von IVANOFF (5) sehr eingehend untersuchte Nachtkonvergenz, die ja physiologisch mit der Akkommodation gekoppelt ist, bestätigt nur die Annahme, daß das Auge beim Dämmerungssehen diese Einstellung auf die retinalen Gegebenheiten vornimmt. Auch die teilweise beobachtete Steigerung der Nachtmyopie bei Abnahme der Umfeldleuchtdichte entspricht der Auffassung, daß die Linse die reduzierte Sehkraft der Retina mit Erhöhung ihrer Refraktion zu kompensieren sucht.

Die Beobachtung, die auch die Untersuchungsreihe von MATTHÄUS (10) zu bestätigen scheint, daß sich die Nachtmyopie zu einem größeren Prozentsatz bei jungen Probanden findet, d. h. Menschen, die noch über die optimale Akkommodationsfähigkeit verfügen, legt ebenfalls den Gedanken nahe, daß es sich um einen überschießenden Akkommodationsvorgang handeln könnte, verursacht durch die Anpassung an die parafovealen Netzhautverhältnisse für den mesopischen und skotopischen Sehbereich.

Wie die vorangehenden Darlegungen zeigen, handelt es sich bei der Nachtmyopie, wie oft in der Medizin, um ein multifaktorielles Phänomen, wobei die einzelnen Ursachen wohl unterschiedliche Gewichte haben werden.

Alle diese Theorien lassen allerdings die Frage offen, warum Nachtkurzsichtigkeit nur bei einem Teil der Menschen auftritt, und zwar bei dem kleineren.

B. F R A G E S T E L L U N G

1. Verbreitung der Nachtmyopie

Die Angaben über den Anteil der Nachtmyopen an der Bevölkerung und ihre Verteilung auf Altersgruppen und die Geschlechter sind sehr spärlich und schwanken außerordentlich. GRAMBERG-DANIELSEN (3) gibt, in Anlehnung an eine Untersuchung einer von Harms geleiteten Arbeitsgruppe den Anteil der Nachtmyopen mit 25% an. Dies für die Zahl unserer Probanden festzustellen, ergab sich so als der erste Teil unserer Untersuchung. Desweiteren ermittelten wir die Verteilung nach Altersgruppen und Geschlecht.

2. Untersuchung der Grenzleuchtdichten

Im zunehmenden nächtlichen Autoverkehr der letzten Jahre warfen problematische Unfallsituationen wiederholt die Frage auf, von welchen Leuchtdichten an, sich bei Nachtmyopen ihr Sehfehler einstellt. Dies veranlasste uns, die Abhängigkeit der Brechkraft der Linse und ihrer Änderung von der herrschenden Umfeldleuchtdichte genauer zu untersuchen, insbesondere einen Leuchtdichtegrenzwert zu ermitteln, bei dem in der Regel Nachtkurzsichtigkeit auftreten kann.

3. Nachtmyopie im Straßenverkehr

Schließlich galt es festzustellen, ob eine evtl. ermittelte durchschnittliche Grenzleuchtdichte bei den üblichen Beleuchtungsverhältnissen unserer nächtlichen Großstadtstraßen überhaupt erreicht oder unterschritten wird, so daß Nachtmyopie zum Tragen käme.

Dabei stützten wir uns im wesentlichen auf die durch den Fachnormenausschuß Lichttechnik des Deutschen Normenausschusses festgelegten Normen für die Straßenbeleuchtung.

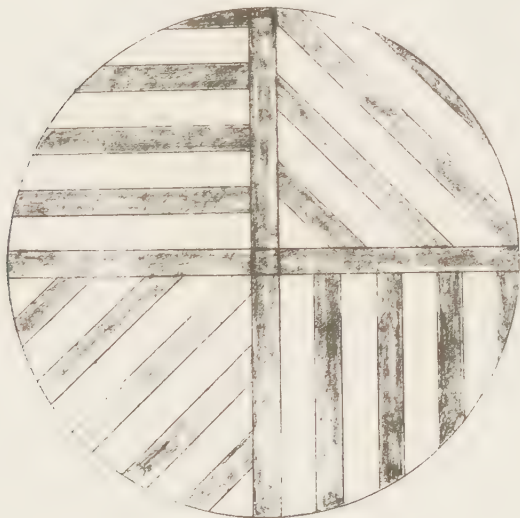
C. M E T H O D E

1. Prüfung auf Nachtmyopie am Mesoptometer

Zur Untersuchung kamen nur Rechtsichtige, bzw. solche Probanden, deren Visus mit einer Brille oder mit Kontaktgläsern voll korrigiert war.

Auf Nachtmyopie wurde geprüft mit Hilfe des Mesotometers nach Aulhorn und Harms der Firma Oculus, Dutenhofen.

Hierzu ließen wir die Versuchspersonen bei ausgeschalteter Raumbeleuchtung 10 Minuten lang auf niedrigere Leuchtdichtewerte adaptieren, die



Testfeld zur Prüfung auf Nachtmyopie

in einem Bereich um $0,006 \text{ cd/m}^2$ lagen und durch das Umfeld des Testmusters des Mesoptometers gegeben waren. Dieser Zeitraum ist zur Adaptation auf den oben angegebenen Leuchtdichtebereich voll ausreichend.

Nach Ablauf der Adaptationszeit von 10 Minuten wurde auf Nachtmyopie entsprechend der Bedienungsanleitung des Mesoptometers geprüft. Dabei hatte der Prüfling anzugeben, ob er ein Prüfmuster (Abbild) mit einer von Oculus angegebenen Umfeldleuchtdichte von $0,032 \text{ asb} = 0,01 \text{ cd/m}^2$, das er unter einem Winkel von ca. 4° betrachtete, scharf erkennen kann. Die Kreisfläche des Festfeldes hat einen Radius von 10 cm, die Breite der schwarzen Streifen beträgt 1 cm, die der hellen Streifen (= Umfeld) 1,4 cm.

Zu der Angabe der Umfeldleuchtdichte des Prüfmusters von Oculus ist anzumerken, daß wir bei mehrfacher Nachmessung des angegebenen Umfeldleuchtdichtewertes einen abweichenden Durchschnittswert fanden, nämlich $0,006 \text{ cd/m}^2$; ein Wert also, der nur 60% des von Oculus angegebenen Wertes ausmacht. Unsere Leuchtdichtemessungen wurden mit einem Spectra-Pritchard-Photometer vom Institut für Lichttechnik der Technischen Universität Berlin (geschäftsführender Direktor: Professor Dr.-Ing. J. Krochmann) vorgenommen.

Da die Umfeldleuchtdichte durch den Streulichtanteil der Umgebung erheblich beeinflußt werden kann, mag der niedriger liegende Wert z. T. durch die matt schwarz angestrichenen Wände und Decke unseres $10,32 \text{ m}^2$ und 31 m^3 großen Untersuchungsraumes

bedingt sein. Jedenfalls ist zu beachten, daß die Leuchtdichte eines Umfeldes eine sehr "labile" Größe ist, die nicht nur durch die Lichtquelle und die unmittelbar beleuchtete Fläche gegeben ist, sondern durch Reflexion der Oberflächen des Raumes und seiner Gegenstände beeinflußt wird. Wir legen der Arbeit hier, wie auch im zweiten Teil des Untersuchungsganges unsere eigenen Meßwerte zugrunde.

Zur weiteren Prüfung auf Nachtmyopie wurden nun den Probanden Konkavgläser verschiedener Stärke angeboten, für die er eine Sehverbesserung oder Sehverschlechterung anzugeben hatte. Dabei prüften wir immer binokular, um die binokulare Reizaddition des Stäbchensehens mit zu berücksichtigen. Die angebotenen Gläser waren nach 0,5 dptr. abgestuft im Stärkenbereich von -0,5 bis 2,0 dptr. Der Untersuchte hatte das Prüfmuster nach Randschärfe und Schwärze der dunklen Streifen zu beurteilen und anzugeben, mit welchem Glas gegebenenfalls die optimale Erkennung des Streifenmusters erfolgte. Dabei wurden nur solche Angaben als positiv gewertet, bei denen die Sehverbesserung für alle vier Quadranten des Testfeldes galt, um Sehfehler bedingt durch nicht korrigierten Astigmatismus nicht mit zu erfassen. Hatte der Proband eines der angebotenen Gläser nach diesem Kriterium als sehverbessernd bezeichnet, so war damit Nachtmyopie bei ihm festgestellt.

2. Ermittlung der Grenzleuchtdichten und der Abhängigkeit der Nachtmyopie von der Leuchtdichte

Versuchspersonen, bei denen Nachtmyopie gefunden worden war, wurden nun einer zweiten Untersuchung unterzogen. Dabei sollte ermittelt werden, ab welcher Umfeldleuchtdichte sich bei Nachtmyopen ihre Refraktionsanomalie einzustellen pflegt und ob sie sich bei weiterer Abnahme der Leuchtdichte noch verändern kann.

Die Ermittlung solcher Werte macht eine neue Versuchsanordnung notwendig, bei der sich die Umfeldleuchtdichte des Prüfmusters kontinuierlich verändern läßt. Dabei sind folgende physikalische sowie augenphysiologische Tatsachen zu berücksichtigen.

a. Physikalische und augenphysiologische Gegebenheiten

Die Sensibilität der Sehzellen, der Zapfen sowohl als auch der Stäbchen, gegenüber Strahlung verschiedener Wellenlänge ist in einer Kurve darstellbar, dem sog. spektralen Hellempfindlichkeitsgrad. Dieser spektrale Hellempfindlichkeitsgrad wird für die Zapfen, bzw. das Tagessehen mit $V(\lambda)$, für den mesopischen Bereich mit $V_{eq}(\lambda)$ und für das reine Stäbchensehen, bzw. das Nachtsehen mit $V'(\lambda)$ bezeichnet. Die Unterschiedlichkeit der Kurven beruht darauf, daß die Empfindlichkeit der Lichtrezeptoren der Netzhaut nicht nur von der Wellenlänge des Lichtes abhängig ist, sondern auch von der Leuchtdichte, bei der wahrgenommen wird. Die Kurven des spektralen Hellempfindlichkeitsgrades gehen kontinuierlich ineinander über.

Wenn man nun den Lichtstrom gewöhnlicher Glühlampen durch einen Schiebewiderstand (Dimmer) drosselt, so

wird die Zusammensetzung des von ihnen abgegebenen Lichtes stark zugunsten des langwelligen roten Lichtes verschoben. Das würde für unsere Untersuchung bedeuten, daß wir ebenso unterschiedliche wie unphysiologische Hellempfindlichkeitsmaxima miteinander vergleichen. Aus diesem Grunde haben wir den Lichtstrom mit einer vorgeetzten Irisblende variiert, um die spektrale Zusammensetzung des Lichtes bei der Änderung der Umfeldleuchtdichte nicht zu beeinträchtigen und so vergleichbare Meßwerte zu erhalten.

b. Versuchsanordnung

Als Lichtquelle kam eine gewöhnliche Tischleuchte mit einer Glühlampe zur Verwendung, die auf das Prüfmuster gerichtet und deren Öffnung mit einer stufenlos regulierbaren Irisblende verschlossen wurde. Das Mesoptometer wurde bei diesem zweiten Teil der Untersuchung nicht mehr benutzt.

Als Sehfeld wurde eine Pappscheibe in gleichen Abmessungen und mit gleichem Prüfmuster, wie oben für das Prüffeld für Nachtmyopie des Mesoptometers angegeben, hergestellt. Dabei wurden die schwarzen Streifen auf grauem Grund angeordnet, um bei einem mittleren Kontrast (Leuchtdichte des Umfeldes: Leuchtdichte des Objektes) von

$$\frac{9,2 \text{ cd/m}^2}{1,6 \text{ cd/m}^2} = 5,75$$

zu untersuchen, der den meisten realen Gegebenheiten entsprechen wird. Da Sehschärfe und Auflösungsvermögen, wie u. a. AULHORN (1) sehr exakt nachwies, sowohl von der Leuchtdichte des Objektes, des Grundes (Umfeld) als auch von dem Leuchtdichteunterschied zwischen Objekt (Sehzeichen) und Umfeld abhängig sind, kommt dem Kontrast eine wesentliche Bedeutung für die Erkennbarkeit von Gegenständen zu. Dabei liegen günstigere Verhältnisse vor, wenn das Objekt heller als der Grund ist, der Quotient Umfeldleuchtdichte : Objektleuchtdichte also kleiner als 1 ist, als im umgekehrten Fall. Da diese Situation aber nur etwa bei selbstleuchtenden oder stark reflektierenden Verkehrszeichen gegeben ist und für die üblichen Wahrnehmungsobjekte kaum in Frage kommt, haben wir in unserer Versuchsanordnung den Quotienten größer als 1 gewählt.

c. Leuchtdichtemessungen

Voraussetzung zu den anschließenden Untersuchungen waren eingehende Umfeldleuchtdichtemessungen am Testfeld. Diese wurden mit dem oben angeführten Photometer vorgenommen. Dabei wurden die Messungen bei zunehmenden Blendenöffnungen, die auf einer Skala einstellbar waren, ausgeführt. So erhielten wir die zu den jeweiligen Blendeneinstellungen korrelierenden Umfeldleuchtdichtewerte. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden in ein Koordinatensystem eingetragen und als Kurve (folgende Seite) dargestellt. Hierdurch waren wir in der Lage, jederzeit reproduzierbare, bekannte Umfeldleuchtdichtever-

hältnisse herzustellen, die stufenlos einstellbar der Ermittlung eines Umfeldleuchtdichtegrenzwertes dienen konnten.

d. Untersuchungsgang

Dem jetzt folgenden zweiten Teil des Untersuchungsganges wurden nur noch nachtmyope Probanden unterzogen. Dabei hatte die dunkeladaptierte Versuchsperson wie zuvor das Prüfmuster unter einem Winkel von ca. 4° nach Randschärfe und Schwärze des Streifenmusters zu beurteilen. Wir begannen ausgehend von der niedrigsten Umfeldleuchtdichte, bei der noch exakte Angaben gemacht werden konnten, die bei $0,001 \text{ cd/m}^2$ lag. Nun mußte der Proband wieder angeben, mit welchem der angebotenen Konkavgläser der gleichen Stärke und Abstufung wie oben er das Muster am besten erkennen konnte. Hierauf wurde die Leuchtdichte stufenweise erhöht und jeweils geprüft, mit welchem der Gläser optimal gesehen wurde. Dabei wurde schließlich eine Umfeldleuchtdichte erreicht, bei der der Prüfling jedes Glas als sehverbessernd ablehnte.

Der letzte Umfeldleuchtdichtewert, für den noch ein Glas gleich welcher Stärke benötigt wurde, gab uns die gesuchte Grenzleuchtdichte an, bei der sich bei dem untersuchten Probanden sein Sehfehler bemerkbar zu machen beginnt.

Desweiteren gaben uns die übrigen ermittelten Werte an, ob und wie sich die Stärke der Refraktionsanomalie bei Nachtkurzsichtigen in Abhängigkeit von der Umfeldleuchtdichte ändert.

D. E R G E E N I S S E

Vor der Aufführung der Untersuchungsergebnisse soll hier kurz auf einige vorkommende Begriffe aus der Lichttechnik und der Physiologie des Sehens eingegangen werden.

Ausschlaggebend für den Adaptationszustand des Auges ist nicht die Beleuchtungsstärke am Auge, sondern die *L e u c h t d i c h t e* der betrachteten Fläche. Sie ist, neben ihrer physikalischen Definition, lt. Beschluß der Commission Internationale d'Eclairage (C.I.E.), (1948), eine physiologische Grundgröße, da eine Gleichheit von Leuchtdichten direkt erkannt werden kann.

In die Definition der Leuchtdichte geht die Lichtstärke I einer Lichtquelle mit ein. Diese ergibt sich aus dem Quotienten des Lichtstromes Φ dividiert durch den Raumwinkel Ω , in den sie ausstrahlt:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Als Lichtstärkeeinheit gilt die candela (cd). Sie wird durch DIN 5031 Blatt 3 des Fachnormenausschusses Lichttechnik des Deutschen Normenausschusses wie folgt definiert: Die Lichtstärke 1 cd hat $1/600\,000\text{ m}^2$ der Oberfläche eines schwarzen Strahlers der Temperatur des beim Druck von $101\,325\text{ N/m}^2$ erstarrenden Platins in Richtung der Normalen. Die Lichtstärkeeinheit

gilt sowohl für den photopischen als auch für den skotopischen und mesopischen Bereich.

Entscheidend auch für den Helligkeitseindruck der wahrgenommenen Umgebung ist die Leuchtdichte L . Sie ist definiert durch den Quotienten aus der Lichtstärke I und der Projektion der Fläche $dA \cdot \cos \xi$ auf eine Ebene senkrecht zur betrachteten Richtung:

$$L = \frac{d I}{dA \cdot \cos \xi}$$

Bisher wurde die Leuchtdichte meist in Apostilb = asb und nicht in cd/m^2 angegeben. Neuerdings hat sich aber allgemein die Maßeinheit cd/m^2 durchgesetzt. Der Umrechnungsfaktor von asb auf cd/m^2 beträgt $1/\pi = 1/3,14$

$$1 \text{ asb} = \frac{1}{3,14} \text{ cd/m}^2$$

Unter U m f e l d versteht man das an das sog. Infeld (Objekt bzw. Sehzeichen) grenzende Sehfeld. Da die Leuchtdichte des Objekts, je nachdem, von welcher Beschaffenheit es ist, immer unterschiedlich sein wird, ist festgelegt durch die Beleuchtungsverhältnisse nur die Leuchtdichte des Umfeldes, in dem ein Objekt wahrgenommen wird. Aus diesem Grund haben wir unsere Untersuchungen immer zu beziehen auf die sog. U m f e l d l e u c h t d i c h t e .

Der Leuchtdichtebereich des D ä m m e r u n g s -
s e h e n s (mesopisches Sehen) erstreckt sich
lt. Liste 15 des Fachnormenausschusses für Fein-
mechanik und Optik auf Leuchtdichten von $0,003 \text{ cd/m}^2$
bis 3 cd/m^2 . Darunter beginnt das skotopische
Sehen (Nachtsehen), darüber liegt der Bereich des
photopischen Sehens (Tagessehen).

1. Häufigkeit und Altersverteilung der Nachtmyopie

Zur Untersuchung kamen hundert Probanden. Die
Ergebnisse der Einzeluntersuchungen werden in
den folgenden Tabellen und Kurven zusammengefasst
und dargestellt.

Tabelle I gibt eine Übersicht über die Verteilung
der Probanden auf Altersgruppen, nach Geschlechts-
zugehörigkeit und Vorliegen von Nachtmyopie.

	Gesamt- zahl	weiblich		männlich	
		bis 40	ab 41	bis 40	ab 41
Probanden insgesamt	100	44	6	45	5
nachtmyope Probanden	29	12	-	15	2
nicht nachtm. Probanden	71	32	6	30	3

Tabelle II: Verteilung der Probanden auf Lebensaltersjahrzehnte.

	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80
Probanden insgesamt	2	70	17	7	1	2	1
nachtmyope Probanden	-	21	6	1	1	-	-
nicht nachtmyope Prob.	2	49	11	6	-	2	1

2. Vorkommen der Nachtmyopie in Dioptrien

Tabelle III: Aufteilung der nachtkurzsichtigen Probanden nach dem Grad ihrer Nachtmyopie.

Verbesserung der Sehschärfe durch Vorsetzen von	nachtmyope Probanden	%
- 0,5 dptr	17	58,6
- 1,0 dptr	6	20,7
- 1,5 dptr	5	17,2
- 2,0 dptr	1	3,4
	29	

Aus der vorstehenden tabellarischen Darstellung der Ergebnisse des I. Teils unserer Untersuchungen lassen sich folgende Feststellungen hervorheben: wir fanden bei 29 von 100 Probanden aller Altersgruppen Nachtmyopie; dabei überwog etwas der männliche Anteil. In der Altersgruppe bis zu 40 Jahren betrug der Anteil der Nachtkurzsichtigen etwa 30 %, in der Altersgruppe über 40 Jahren waren von 11 Probanden nur 2 nachtmyop

. Die Nachtmyopie beträgt bei annähernd 60 % der Nachtkurzsichtigen nur -0,5 dptr.

3. Verteilung der Probanden auf Gruppen Emmetroper, Myoper und Hypermetroper

Schließlich haben wir noch die Verteilung der nachtmyopen mit der der nicht nachtmyopen Prüflinge auf Gruppen Rechtsichtiger, Kurzsichtiger und Weitsichtiger verglichen, wie es die folgende Tabelle zeigt.

Tabelle IV: Verteilung der Probanden auf Gruppen
Rechtsichtiger, Kurzsichtiger und Weitsichtiger.

Nicht nachtmyope Probanden			
emmetrop	myop	hypermetrop	zusammen
30 (42,3%)	35 (49,3%)	6 (8,4%)	71 (100%)
Nachtmyope Probanden			
7 (24,1%)	+20,5 (70,7%)	+1,5 (5,2%)	29 (100%)

+ Ein Proband war auf einem Auge myop und auf dem zweiten hypermetrop.

Aus der Tabelle IV geht hervor, daß sich der größte Anteil Nachtmyoper aus der Gruppe der Kurzsichtigen rekrutiert, eine Tatsache, die auch schon von anderen Untersuchern festgestellt worden ist. TRENDLENBURG (17) und SCHÖBER (15).

4. Grenzleuchtdichten

Die Ergebnisse des II. Teils unserer Untersuchungen betreffen in erster Linie den Umfeldleuchtdichtegrenzwert, bei dem sich bei Nachtmyopen ihr Sehfehler einzustellen pflegt.

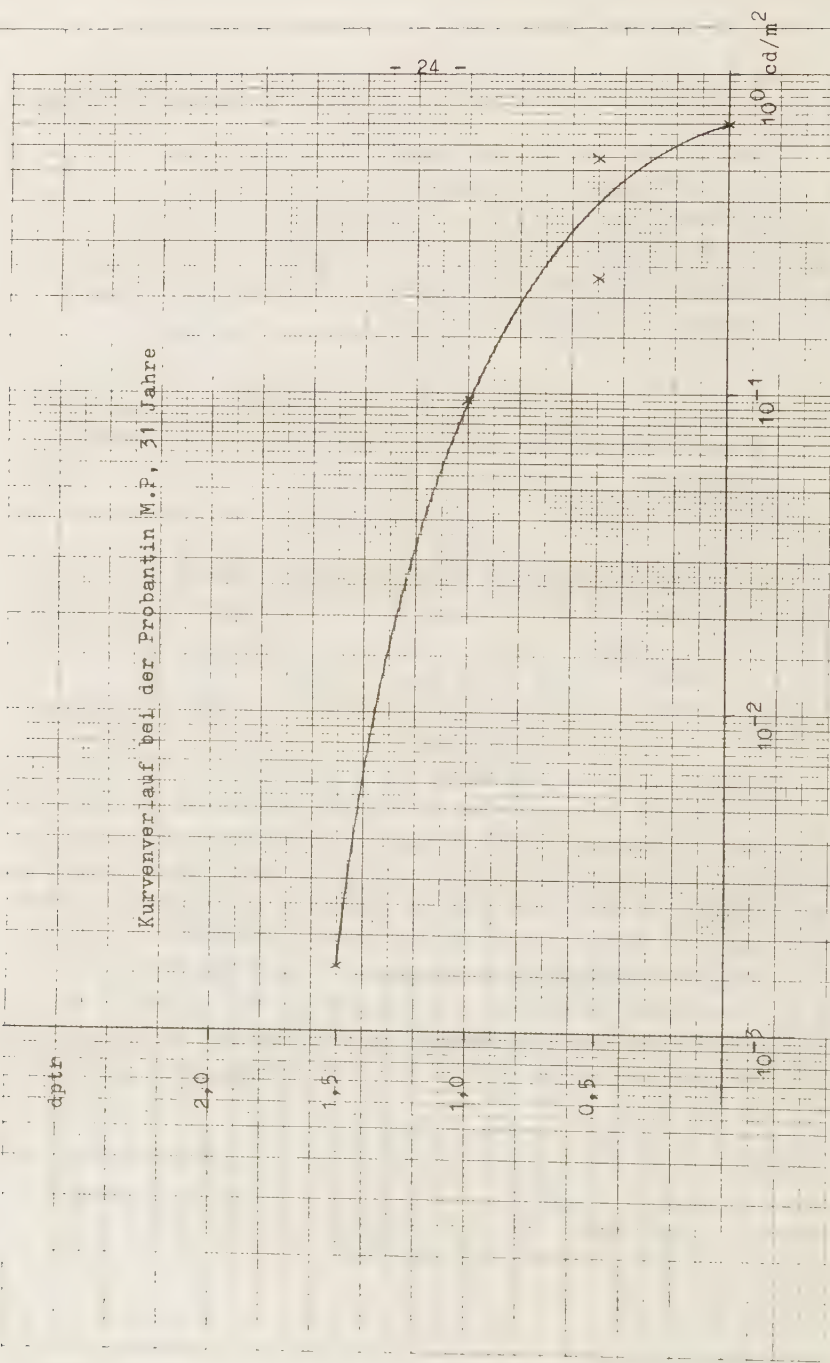
Wie die folgende Aufstellung zeigt, variiert diese Grenzleuchtdichte von Versuchsperson zu Versuchsperson z. T. recht stark. Wir stellten eine Streubreite des Umfeldleuchtdichtegrenzwertes

von $0,001 \text{ cd/m}^2$ bis $0,54 \text{ cd/m}^2$ fest, ein ebenso überraschendes wie unbequemes Ergebnis. Die folgende Tabelle gibt darüber im einzelnen Auskunft.

Tabelle V: Angabe der Grenzleuchtdichten, bei denen erstmals Nachtmyopie auftrat.

b. maximaler Nachtm. von	$0,001$ cd/m^2	$0,026$ cd/m^2	$0,098$ cd/m^2	$0,23$ cd/m^2	$0,37$ cd/m^2	$0,54$ cd/m^2
- 0,5 dptr	8	8	1			
- 1,0 aptr		3	1	1	1	
- 1,5 dptr			4			1
- 2,0 dptr					1	

Die Zahlen geben an, wieviele Probanden mit der in der linken Spalte angegebenen maximalen Nachtmyopie bei den bezeichneten Leuchtdichtewerten erstmals mit einem Konkavglas besser sehen konnten. Dabei stellte sich bei den stärker als -0,5 dptr nachtmyopen Versuchspersonen nie der volle Grad ihrer Nachtmyopie im Bereich des Grenzwertes schon ein. Ihre Kurzsichtigkeit nahm dem Verlauf der folgenden Kurven entsprechend bei niederen Leuchtdichten erst weiter zu.



Kurvenverlauf bei der Probandin M.P., 31 Jahre

Abhängigkeit der Nachtmyopie von der Umfeldleuchtichte

dptr

Kurvenverlauf bei dem Probanden H.T., 48 Jahre

2.0

1.5

1.0

0.5

10^{-3}

10^{-2}

10^{-1}

10^0 cd/m²

- 26 -

Abhängigkeit der Nachtsynopie von der Umfelddleuchtdichte

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

2

3

4

5

6

7

8

9

10

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Kurvenverlauf bei dem Probanden W.H., 30 Jahre

dp_{tr}

2.0

1.5

1.0

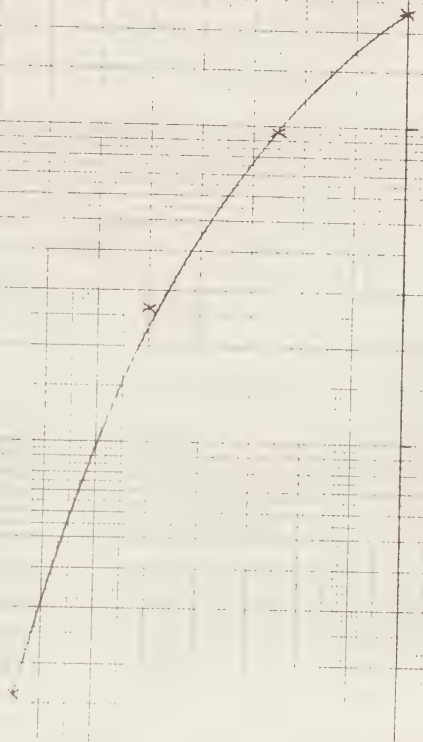
0.5

10⁻³

10⁻²

10⁻¹

10⁰ cd/m²



Abhängigkeit der Nachtmyopie, von der Umfeldleuchtichte

4 5 6 7 8 9 10

2 3 4 5 6 7 8 9 10

2 3 4 5 6 7 8 9 10

2 3 4 5 6 7 8 9 10

dp_{tr}

Kurvenverlauf bei dem Probanden J.P., 29 Jahre

2,0

1,5

1,0

0,5

10^{-3}

10^{-2}

10^{-1}

10^0 cd/m²

- 28 -

Abhängigkeit der Nachtmyopie von der Umfeldleuchtdichte

Kurvenverlauf bei dem Probanden W.P., 28 Jahre

dp_{tr}

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

x

10⁻³

10⁻²

10⁻¹

10⁰ cd/m²

Abhängigkeit der Nachtmyopie von der Umfeldleuchtichte

5. Abhängigkeit der Nachtmyopie von der Leuchtdichte

Die vorangehenden Kurven stellen die Zunahme der Nachtkurzsichtigkeit gegen niedere Umfeldleuchtdichten bei 6 Nachtmyopen dar, die maximal - 1,5 dptr und -2,0 dptr nachtmyop waren.

Dazu wurden auf der Abszisse, die in logarithmische Dekaden eingeteilt ist, die Umfeldleuchtdichtewerte in cd/m^2 eingetragen, auf der Ordinate die entsprechenden Stärken der benötigten Konkavgläser in dptr. Die gleichbleibende Stufung der Umfeldleuchtdichten wie auch die Umfeldleuchtdichtewerte der den Kurven vorstehenden Tabelle war gegeben durch die Blendeneinstellungen vor unserer Lichtquelle, auf die wir uns für alle Untersuchungen festgelegt hatten.

Die Kurven zeigen übereinstimmend für das skotopische Sehen einen flacheren Verlauf als im Bereich des Dämmerungssehens. Hier rufen schon kleinere Leuchtdichtedifferenzen eine Änderung der Brechkraft hervor.

Soweit die Ergebnisse unserer Untersuchungen. Die Einzelwerte finden sich im Anhang gesondert aufgelistet.

E. D I S K U S S I O N

Die Versuchsreihe hat verschiedene Fragestellungen zum Thema Nachtmyopie behandelt, die nun im einzelnen erörtert werden.

Das erste Ergebnis der Untersuchungen betrifft den Anteil Nachtkurzsichtiger an der Bevölkerung sowie die Stärke der gefundenen Nachtmyopie. Von unseren 100 Probanden waren 29 nachtmyop, und zwar bis zu maximal - 2,0 dptr.

Beim Vergleich mit anderen Untersuchungen zu dieser Frage (SCHOBBER, HARMS und MATTHÄUS, wie oben bereits zitiert) fallen z. T. starke Abweichungen der Befunde auf, sowohl, was den Prozentsatz Nachtmyoper als auch die Stärke der festgestellten Nachtmyopie betrifft. Für diese Tatsache scheint uns in erster Linie die Voraussetzung verantwortlich zu sein, die beim Vergleich mit anderen Untersuchungsergebnissen unerlässlich ist, nämlich die Gleichheit der Untersuchungsbedingungen. Die Prüfungskriterien scheinen ebenso erheblich für die Ermittlung der Verbreitung der Nachtmyopie wie auch für die Feststellung der Stärke des Refraktionsfehlers zu sein.

Die eingehenden Untersuchungen von Schober, die seiner oben zitierten Studie zugrunde lagen, wurden mit Ferngläsern angestellt, die sich die Probanden bei verschiedenen Leuchtdichten

auf ein in der Ferne gelegenes Objekt scharf einzustellen hatten. Dabei kam Schober zu dem Ergebnis, daß fast alle Personen die Erscheinung der Nachtmyopie zeigten und daß sie im Durchschnitt bei - 2,0 dptr. lag, aber bis zu - 4,0 dptr.reichen konnte. Diese Aussage können unsere Untersuchungen nicht bestätigen.

Für die Diskrepanz der Ergebnisse scheinen zwei Faktoren ausschlaggebend zu sein. Erstens wird sich das Auge, besonders bei in weiter Ferne gelegenen Wahrnehmungsobjekten, die vergrößernde ("heranholende") Wirkung der Fernglasobjektive, die sie bei Verstellung im optisch negativen Sinne hervorrufen, nutzbar zu machen suchen. Zweitens kann hinzukommen, daß die Linse beim intensiven Fixieren eines Objektes in großer Entfernung durch das Fernglas einen wesentlich stärkeren Akkommodationsimpuls erhält, im Sinne des angestrengten Sehens, als beim Betrachten eines Gegenstandes mit unbewaffnetem Auge auf eine Entfernung von 3 m, wie es in unserer Versuchsanordnung gegeben war. Diese beiden Gesichtspunkte mögen besonders bei niederen Leuchtdichten des mesopischen und skotopischen Sehens ins Gewicht fallen, bei denen das Auge mit reduzierter Sehkraft (Sehschärfe) wahrnehmen muß.

So bestätigen auch die Untersuchungen von MATTHÄUS (10) mit selbstleuchtenden Verkehrszeichen und Probiergläsern nur Nachtmyopie bis zu -2,0 dptr.

Desgleichen fand eine von HARMS (4) geleitete Untersuchungsgruppe, die, wie wir, am Mesoptometer von Oculus prüften, nur bei 25% von 2021 Prüflingen Nachtmyopie bis zu maximal - 2,0 dptr. Unseren um 4% höher liegenden Anteil Nachtmyoper führen wir, abgesehen von der möglichen statistischen Streubreite einer Gruppe von nur 100 Probanden, darauf zurück, daß die überwiegende Mehrzahl unserer Untersuchten wahrscheinlich jüngeren Jahrgängen angehörten als die der HARMS-Gruppe (4). Daß Nachtmyopie eine Altersabhängigkeit im Sinne eines Überwiegens in jüngeren Altersgruppen zeigt, begründeten wir bereits mit der Betonung von Akkommodationsvorgängen für ihr Zustandekommen. Diese sind besonders in einem Alter, in dem das Akkommodationsvermögen noch gut ausgebildet ist, gegeben. Jedenfalls setzt Nachtmyopie, soweit sie auf Akkommodationsvorgänge zu beziehen ist, eine gute Elastizität der Linse voraus, die ja ihren Krümmungsradius dabei verkleinern muß.

Ein weiterer Befund unserer Untersuchungsreihe stellt die Tatsache dar (Tabelle III), daß Nachtmyopie in nahezu 60% der Fälle nur -0,5 dptr. beträgt. Dies ist eine Erhöhung der Refraktion, die man in der Regel nicht korrigieren wird. Bei der Abnahme des Sehvermögens gegen niedere Leuchtdichten auf Bruchteile der Sehschärfe des Tagessehens wird sie jedoch eine stärkere Behinderung bedeuten als im photopischen Sehbereich. Dennoch glauben wir, daß dies vom Autofahrer schon mehr oder weniger unbewußt durch anderes Fahrverhalten bei Dunkelheit

als am Tage kompensiert wird. Kritisch wird es natürlich, wenn Nachtblindheit hinzutritt, deren häufigste Formen sogar immer mit Nachtkurzsichtigkeit vergesellschaftet sind (16). Diese kommt jedoch nur sehr selten vor.

Bei etwa 40% der Nachtmyopen liegen dagegen höhere Grade von Nachtkurzsichtigkeit vor. Dieses Ergebnis kommt auch der erwähnten Untersuchungsreihe von Harms, die bei 42% liegt, nahe. Hier kann es sicherlich zu einer echten Sehbehinderung kommen, sofern derartig ungünstige Beleuchtungsverhältnisse vorliegen, daß Nachtmyopie von -1,0 dptr. und mehr zum Tragen kommt.

An dieser Stelle möchten wir nochmals auf die Bedeutung einer Tatsache hinweisen, die AULHORN (1) sehr genau untersucht und dargestellt hat. Wir meinen die Abhängigkeit der Sehschärfe nicht nur von der Umfeldleuchtdichte, sondern auch vom Kontrast zwischen Umfeld und Sehzeichen. Und zwar ist dabei entscheidend für die Sehschärfe, ob das wahrgenommene Objekt heller oder dunkler als sein Umfeld ist, d. h., ob der Quotient Umfeldleuchtdichte zu Leuchtdichte des Objektes kleiner oder größer als 1 ist. Aulhorn trägt zusammenfassend vor: "Sind die Objekte heller als der Untergrund, so besteht ihnen gegenüber auch im Dunkeln volle Sehschärfe, wenn der Kontrast nur hoch genug ist". Sie stellt daher auch entsprechende Forderungen für den nächtlichen Straßenverkehr.

Wir haben unsere Untersuchungen in Anlehnung an die Verhältnisse des Mesoptometers von Oculus bei der Prüfung auf Vorliegen von Nachtmyopie nicht ohne Absicht in der ungünstigeren Variante vorgenommen. Denn das Erkennen von dunklem Objekt gegen helleren Grund kommt für alle Fußgänger in dunkler Kleidung und dunklen Gegenstände in Betracht, auf die sich der nächtliche Autofahrer ja auch einzustellen hat. Unsere Werte gelten also nur für den mittleren Kontrastbereich um den Wert 6 bei hellerem Umfeld, von dem im Einzelfall erhebliche Abweichungen vorliegen können.

Die Tatsache, die der Tabelle IV unserer Ergebnisse zu entnehmen ist, daß besonders Kurzsichtige zu Nachtmyopie neigen, findet sich auch von anderen Untersuchern bestätigt (15). Da die gewöhnliche Myopie meist auf einer zu langen Augenachse und nur selten auf einer Erhöhung der Brechkraft (9) beruht, ist zu überlegen, welchen Einfluß dieser Umstand auf das Zustandekommen der Nachtmyopie haben kann. Wir meinen, daß der Kurzsichtige, der immer nur durch das schwächste Minusglas, das optimale Sehschärfe in der Ferne ermöglicht, korrigiert wird, um Dauerakkommodation auf jeden Fall auszuschließen, durch zusätzliche Akkommodationsimpulse besonders benachteiligt ist. Für diese hat er keinerlei Spielraum, befindet sich doch für ihn der Bildort der Netzhaut in Korrelation zu einem Grenzwert der Akkommodationslage und

nicht zu ihrem mittleren Bereich. Es wäre also zu fordern, besonders Kurzsichtige auf das zusätzliche Vorliegen von Nachtmyopie zu prüfen.

Das Hauptanliegen dieser Untersuchungsreihe war, den Leuchtdichtebereich zu ermitteln, in dem sich in der Regel bei Nachtmyopen ihr Sehfehler einstellt; dies, um festzustellen, ob Nachtkurzsichtigkeit bei den Leuchtdichteverhältnissen des nächtlichen Straßenverkehrs von Bedeutung ist oder sein kann.

Unsere Tabelle V zeigt, daß dieser Bereich individuelle Schwankungen zeigt und nicht so glatt abzugrenzen ist, wie man sich das für praktische Maßnahmen für den nächtlichen Autofahrer wünschen würde.

Bevor wir die gefundenen Umfeldleuchtdichtegrenzwerte vom Standpunkt der praktischen Bedeutung aus erörtern wollen, möchten wir kurz auf die Beleuchtungsverhältnisse unserer Straßen eingehen.

NOLTE (11) gibt für nicht beleuchtete Straßen, auf denen der Autofahrer nur auf das Licht seiner Scheinwerfer angewiesen ist, an:
"Abgesehen von den blendend hohen Leuchtdichten der Scheinwerfer (entgegenkommender Fahrzeuge) und ihrer Reflexe, finden sich auf der nächtlichen Straße Leuchtdichten etwa von 0,01 bis 2.0 cd/m². Skotopisches Sehen wird vom Auto-

fahrer nicht verlangt. Es scheint zweckmäßig, diese Tatsache bei der Funktionsprüfung auf Fahrtauglichkeit zu berücksichtigen."

Die Vornorm DIN 5044 "Straßenbeleuchtung Richtlinien" gibt entsprechend internationalen Empfehlungen der C I E (20) die folgenden Empfehlungen für die durch die stationäre Straßenbeleuchtung einzustellenden Mindestwerte der mittleren Straßenleuchtdichte an:

für Autobahn, Schnell- und Hauptverkehrsstraßen	2 cd/m^2
für Verkehrsstraßen	1 cd/m^2
für Sammelstraßen	$0,5 \text{ cd/m}^2$

Nur für Anliegerstraßen werden geringere Werte der mittleren Leuchtdichte zugelassen. Diesen Empfehlungen entsprechen heute die Straßenbeleuchtungen in den größeren Städten.

Betrachten wir nun unsere Untersuchungsergebnisse der Tabelle V auf die Bedeutung für den nächtlichen Straßenverkehr hin, käme bei Zugrundelegung der Empfehlungen der Norm Nachtmyopie auf Hauptverkehrs- und Verkehrsstraßen nicht zum Tragen.

Etwas anders sieht es aus, wenn wir unsere Ergebnisse auf die Straßenleuchtdichtemessungen der Arbeit von Nolte beziehen. In diesem Fall sind etwa 65% der Nachtkurzsichtigen beim nächtlichen Autofahren noch nicht ihrem Sehfehler ausgesetzt. Insbesondere sind nahezu alle

Personen mit Nachtkurzsichtigkeit von -0,5 dptr. und die Hälfte derjenigen mit - 1,0 dptr. Brechkrafterhöhung bei Leuchtdichten von $0,03 \text{ cd/m}^2$ und mehr von ihrem Sehfehler noch nicht betroffen.

Anders ist es bei der Mehrzahl der Nachtmyopen, die eine ausgeprägtere Refraktionsanomalie für das mesopische Sehen haben. Ihr optisches System reagiert offensichtlich früher auf die Änderung der Beleuchtungsverhältnisse als es bei den gering nachtmyopen Personen der Fall ist. Die Leuchtdichten, die bei ihnen schon zur Kurzsichtigkeit führen, liegen zwar noch im unteren Leuchtdichtebereich des mesopischen Sehens, kommen aber auf nächtlichen Straßen vor.

Die Zunahme der Refraktion bei stärker nachtmyopen Personen in Abhängigkeit von der Umfeldleuchtdichte haben wir bei sechs Probanden genauer untersucht und in den vorangehenden Kurven zur Darstellung gebracht. Dabei fanden wir eine kontinuierliche Zunahme der Nachtkurzsichtigkeit gegen abnehmende Umfeldleuchtdichten bis zu dem jeweiligen Maximalwert von -1,5 bzw. -2,0 dptr. Dieser wurde von allen Probanden erst bei Leuchtdichten erreicht, die selbst auf unbeleuchteten Straßen nicht vorkommen.

Es gilt also für Personen mit Nachtmyopie bis zu - 1,5 und -2,0 dptr., daß sie im Straßen-

verkehr bei Nacht nie ihrem Refraktionsfehler im ganzen Umfang ausgesetzt sind. Sie können aber auf schlecht beleuchteten Straßen bis zu -1.0 dptr. nachtmyop werden, was sich als Sehbehinderung für das mesopische Sehen bemerkbar machen kann.

Man könnte solchen Menschen zu einer mittleren Korrektur ihres Sehfehlers für das nächtliche Autofahren raten, vor allem aber zum Einkalkulieren ihrer Refraktionsanomalie bei ungünstigen Beleuchtungssituationen.

F. ZUSAMMENFASSUNG

100 Probanden, überwiegend im Alter zwischen 20 und 40 Jahren, wurden mit Hilfe des Mesoptometers auf Nachtmyopie untersucht. Dabei stellten wir bei 29 der untersuchten Personen Nachtmyopie fest. Annähernd 60% der Nachtkurzsichtigen waren $-0,5$ dptr. nachtmyop, die übrigen bis zu maximal $-2,0$ dptr.

In einer zweiten Versuchsanordnung wurden für alle nachtkurzsichtigen Probanden der Umfeldleuchtdichtegrenzwert ermittelt, bei dem sich bei ihnen erstmals ihr Sehfehler einstellte. Dieser war nicht einheitlich und schwankte zwischen Leuchtdichten von $0,001$ bis $0,54 \text{ cd/m}^2$. Dabei lag er im allgemeinen für die stärker nachtmyopen Probanden bei den höheren Leuchtdichten.

Für 6 Versuchspersonen wurde die Abhängigkeit ihrer Nachtmyopie von der Umfeldleuchtdichte in Kurven dargestellt.

In der Diskussion wurde die Bedeutung der Ergebnisse für den nächtlichen Straßenverkehr erörtert. Dabei kamen wir zu der Feststellung, daß nur die stärker nachtmyopen Autofahrer auf schlecht beleuchteten Straßen durch ihre Refraktionsanomalie des mesopischen Sehens behindert werden, vor allem wenn es sich um dunkle Objekte gegen helleres Umfeld handelt. Wir erwogen für solche Fälle eine mittlere Korrektur der Nachtmyopie mit entsprechender Brille.

ANHANG:

EINZELWERTE

lfd. Nr.	Initialen	Geburtsdatum	Alter z. Zeitp. d. Unters.	weibl.	männl.	Tages-Sehverm. emmetr. myop hyperop.	keine N.	Nachtmyopie von leucht-dichte
1	E. S.	14.10.11	63	+		+	+	
2	E. H.	28.10.12	61	+	+		+	
3	H. H.	25. 6.28	46	+	+		+	
4	A. O.	6. 1.31	43	+		+	+	
5	R. L.	23. 8.31	43	+	+		+	
6	B. H.	11. 5.30	44	+	+		+	
7	E. M.	12. 6.33	40	+		+	+	
8	R. H.	29. 9.36	37	+		+	+	
9	G. A.	14. 9.41	33	+		+	+	
10	U. P.	4.11.40	33	+		+	+	
11	H. P.	28. 7.41	32	+	+		+	
12	H. K.	30.10.41	32	+		+	+	
13	G. S.	1. 6.42	32	+	+		+	
14	S. B.	17. 7.42	31	+	+		+	
15	H. F.	29. 5.44	30	+		+	+	
16	J. B.	18. 5.45	28	+	+		+	
17	M. M.	15. 1.46	28	+		+	+	
18	R. L.	16. 7.46	27	+	+		+	
19	A. K.	4.10.46	27	+	+		+	
20	A. E.	12. 4.48	26	+	+		+	

lfd. Nr.	Initialen	Geburtsdatum	Alter z. Zeitp. d. Unters.	weibl.	männl.	Tages-Sehverm.		keine N.	Nachtmyopie von			Grenzleuchtdichte
						emmetr.	myop. hyperop.		-0,5	-1,0	-1,5 -2,0	
21	J. B.	14. 2.48	26	+			+					
22	E. M.	24. 4.48	25	+			+					
23	L. M.	29. 5.48	25	+		+						
24	J. S.	1. 7.48	25	+			+					
25	B. L.	28.11.48	25	+		+						
26	L. L.	21. 1.49	25	+			+					
27	M. S.	29. 5.49	24	+			+					
28	R. S.	27. 7.49	24	+		+						
29	G. T.	4. 8.49	24	+								
30	H. S.	21.10.49	24	+			+					
31	J. B.	26.12.49	24	+			+					
32	M. K.	10. 3.50	24	+			+					
33	E. D.	20. 4.50	23	+		+						
34	S. G.	7.12.50	23	+								
35	A. B.	26.12.50	23	+			+					
36	C. S.	13. 4.50	23	+			+					
37	M. B.	7.12.51	22	+			+					
38	A. B.	30. 8.52	21									
39	H. B.	19. 3.02	71		+		+					
40	P. J.	22.11.28	45		+		+					

lfd. Nr.	Initialen	Geburtsdatum	Alter z. Zeitp. d. Unters.	weibl.	männl.	Tages-Sehverm.			keine N.	Nachtmyopie von			Grenzleucht-dichte
						emmetr.	myop	hyperop		-0,5	-1,0	-1,5	-2,0
41	V. R.	25. 5.33	41		+	+			+				
42	D. J.	5. 3.37	37		+	+			+				
43	H. E.	10. 9.40	33		+		+		+				
44	D. M.	19. 5.41	32		+	+			+				
45	J. B.	8.10.43	30		+		+		+				
46	U. M.	8.10.43	30		+		+		+				
47	R. A.	11. 2.44	30		+	+			+				
48	B. W.	18. 2.45	29		+		+		+				
49	W. S.	7. 4.45	28		+	+			+				
50	P. B.	8.11.46	27		+	+			+				
51	O. C.	7.12.46	27		+	+			+				
52	N. L.	1. 1.47	27		+	+			+				
53	J. W.	17. 4.47	27		+	+			+				
54	K. W.	5. 8.47	26		+	+			+				
55	M. A.	3.12.47	26		+		+		+				
56	J. R.	29. 5.49	25		+		+		+				
57	M. W.	14. 6.48	25		+	+			+				
58	R. D.	31.12.48	25		+		+		+				
59	E. W.	1. 6.49	24		+		+		+				
60	E. G.	13. 1.50	24		+	+			+				

lfd. Nr.	Initialen	Geburtsdatum	Alter z. Zeitp. d. Unters.	weibl.	männl.	Tages-Sehverm.		keine N	Nachtmyopie von			Grenzleuchte-dichte
						emmetr.	myop hyperop		-0,5	-1,0	-1,5 -2,0	
61	H. G.	10. 5.50	24		+		+	+				
62	R. S.	20. 6.50	24		+		+	+				
63	F. B.	6.11.49	24		+		+	+				
64	W. W.	10. 5.50	23		+			+				
65	D. W.	14. 8.50	23		+	+		+				
66	K. G.	16.12.50	23		+	+		+				
67	W. K.	19.11.51	22		+	+		+				
68	W. W.	4. 2.52	22		+	+		+				
69	W. P.	4. 5.53	21		+	+		+				
70	B. P.	4. 8.58	15		+	+		+				
71	T. R.	27.11.62	11		+	+		+				
72	U. M.	15. 5.36	37	+		+			+			0,001
73	B. F.	7. 6.37	36	+					+			0,37
74	H. H.	11. 6.39	35	+						+		0,026
75	M. P.	17. 9.42	31	+					+			0,54
76	K. K.	4. 4.44	30	+					+			0,001
77	M. L.	23. 2.45	28	+					+			0,026
78	R. B.	19. 4.45	29	+		+			+			0,026
79	S. B.	4. 4.46	28	+					+			0,001
80	M. K.	15. 7.48	25	+					+			0,001

lfd. Nr.	Initialen	Geburtsdatum	Alter z. d. Zeitp. d. Unters.	weibl. männl.	Tages-Sehverm.		keine N.	Nachtmyopie von Grenzleuchte		
					emmetr.	myop hyperop		-0,5	-1,0	-1,5-2,0 dichte
81	U. S.	8.10.47	26	+	+			+		0,001
82	C. M.	7. 8.51	22	+		+			+	0,098
83	C. M.	23.11.51	22	+		+		+		0,026
84	W. H.	17.12.17	56			+		+		0,026
85	H. T.	10. 5.25	48	+		+			+	0,098
86	K. S.	22. 1.37	37	+		+		+		0,001
87	K. W.	23. 8.42	31	+		+		+		0,026
88	J. C.	9. 9.43	30	+		+		+		0,001
89	W. H.	22. 2.44	30	+		1/2+			+	0,098
90	G. M.	12. 5.45	28	+	+					0,026
91	J. P.	11. 4.44	29	+	+					0,098
92	W. P.	24. 6.45	28	+	+					0,37
93	G. W.	9. 1.46	28	+	+				+	0,098
94	W. J.	12. 5.46	26	+	+	+		+		0,001
95	K. S.	31. 7.47	26	+						0,026
96	H. S.	7. 5.49	24	+		+			+	0,026
97	C. F.	24. 7.49	24	+		+		+		0,098
98	W. L.	2. 9.49	24	+		+			+	0,23
99	B. K.	30. 7.50	23	+		+		+		0,026
100	W. S.	19.11.50	23	+		+		+		0,026

LITERATURVERZEICHNIS

1. AULHORN, E.: Über die Sehschärfe bei herabgesetzter Beleuchtung. Ber. dtsh. ophthal. Ges. 64, 558 (1961)
2. FRANCESCHETTI, A.: Die Vererbung von Augenleiden in Brückner-Schiecks Kurzes Handb. d. Ophthalmol. Bd. I Springer Verlag, Bln. 1930
3. GRAMBERG-DANIELSEN, B.: Sehen und Verkehr. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1967
4. HARMS: zitiert nach Gramberg-Danielsen (s. o.)
5. IVANOFF, A.: Night Binocular Convergence und Night Myopia. J. optic. Amer. 45, 769 (1953)
6. KOOMEN, M., SCOLNIK, R. u. TOUSEY, R.: A Study of Night Myopia. J. opt. soc. Amer. 41, 80 (1951)
7. KRAUSE, H. u. KRAUSE-LIEBSCHER: Zur Erklärung des Phänomens Nachtmyopie. Klin. Mtsbl. Augenhkld. 139, 338 (1961)
8. KÜHL, A.: Zur Erklärung der Änderung d. Sehschärfe mit der Beleuchtung. Z. ophthal. Opt. 28, 33 (1940)
9. LEYDECKER, W.: Grundriß d. Augenheilkunde. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1972

10. MATTHÄUS, W.: Nachtmyopie und Straßenverkehr. Dtsch. Gesundht. Wes. 20, 920 (1965)
11. NOLTE, W.: Die Leuchtdichtebeziehungen im Straßenverkehr als Grundl. f. d. Augenunterschg. v. Kraftf. Ber. d. Ophthal. Ges. 64, 543 (1961)
12. OTERO: zitiert nach: W. Trendelenburg: Der Gesichtssinn. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961
13. OTERO, M. u. DURAN, A.: Ann. Fisica y Quimica de Madrid. 37, 459 (1941)
14. PALACIOS, J.: Nachtmyopie und Nacht-presbyopie. Invest. y progreso 14, 257 (1943)
15. SCHÖBER, H.: Das Sehen. Bd. II VEB Fachbuchverlag Leipzig 1970
16. SCHÖBER, H.: Die Nachtmyopie und ihre Ursachen. Albrecht v. Graefes Arch. ophthal. 148, 171 (1948)
17. TRENDLENBURG, W.: Der Gesichtssinn. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961
18. WEALE: in System of Ophthalmology, edited by Sir Stewart Duke-Elder. Verlag: Henry Kimpton, London 1958 Vol. IV p. 605

19. WHITESIDE and Flying Pers. Res. Comp.
CAMPBELL Repts., London
No. 821 (1953)

20. CIE-Publ. Nr. 12 "Internationale Empfehlungen
für öffentliche Beleuchtung"
(E-3.3.1.), Paris 1965

Herrn Professor Dr. med. H.F. Tiburtius danke ich für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit.

Ebenso danke ich dem geschäftsführenden Direktor des Institutes für Lichttechnik der Technischen Universität Berlin, Herrn Professor Dr.-Ing. J. Krochmann, und seinen wissenschaftlichen Assistenten für die hilfsbereite und großzügige Unterstützung des lichttechnischen Teils der Arbeit.

Lebenslauf

Geboren am 11.9.1934 in Frankfurt/Main als Tochter des Rechtsanwalts Dr. Hans Bergmann und seiner Ehefrau, der Gymnastiklehrerin Erna Bergmann. Volksschule und Realgymnasium mit kriegsbedingten Unterbrechungen in Frankfurt/Main. Abitur 1954. Danach Ausbildung als Medizinisch-Technische-Assistentin in Frankfurt/Main mit Staatsexamen 1957.

Seit Sommersemester 1959 Studium der Humanmedizin in Frankfurt/Main. Physikum 1961. Unterbrechung des Studiums nach dem 1. klinischen Semester für 10 Jahre. Wiederaufnahme des Studiums im Sommersemester 1972 in Berlin. Famulaturen: 2 Monate Innere Medizin, 1 Monat Chirurgie in Berlin. Staatsexamen beendet im Februar 1975. Ab 1. Juni 1975 Beginn der Ausbildung als Medizinalassistentin in der Chirurgischen Klinik des Städtischen Behring-Krankenhauses in Berlin.

